Journal of Plant Protection
Vol. 34, No. 4, Winter 2021, P. 527-539

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۵۳۹-۵۲۷

مقاله پژوهشی

ارزیابی تأثیر مقدار ماده آلی خاک بر عمق آبشویی ایمازتاپیر

زینب اورسجی[1*]- ابراهیم غلامعلی پورعلمداری[2]- طاهر عجمی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۳

چکیده

آزمایشی گلدانی جهت بررسی تأثیر ماده آلی خاک بر عمق آبشویی ایمازتاپیر به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبدکاووس در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. فاکتور اول نوع خاک (شامل ۱- بدون افزودن ماده آلی + بدون اعمال علف‌کش (S_1)، ۲- بدون افزودن ماده آلی+ علف‌کش (S_2)، ۳- ۱۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش (S_3)، ۴- ۲۵ درصد ماده آلی+ علف‌کش (S_4) و ۵- ۵۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش (S_5)) و فاکتور دوم شامل عمق آبشویی به اندازه‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ سانتی‌متر بودند. علف‌کش ایمازتاپیر بر اساس دز توصیه شده آن (یک لیتر در هکتار) استفاده شد. درصد سبز شدن بذر پنبه در تمام تیمارهای خاک با افزایش عمق آبشویی، افزایش معنی‌داری یافت به‌طوری که بیشترین درصد سبز شدن از تیمار بدون افزودن ماده آلی + بدون اعمال علف‌کش با مقدار ۶۲/۸۶ و کمترین از تیمار خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش با مقدار ۵۶/۱۴ بدست آمد. کمترین طول ساقه از عمق‌های ۲ و ۴ سانتی‌متر بدست آمد. در عمق‌های ۶، ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ سانتی‌متر با افزایش عمق آبشویی و کاهش غلظت علف‌کش ایمازتاپیر، طول ساقه افزایش یافت. در تیمارهای واجد علف‌کش با افزایش عمق آبشویی، طول ریشه پنبه افزایش یافت و بیشترین میانگین طول ریشه در هر نوع خاک، از تیمار بدون افزودن ماده آلی + بدون اعمال علف‌کش با مقدار ۷/۶ بدست آمد و کمترین از تیمار خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+ علف‌کش با مقدار ۳/۹ حاصل شد. وزن خشک ساقه و ریشه پنبه نیز در تیمارهای بدون افزودن ماده آلی+ علف‌کش، خاک حاوی ۱۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش، خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+ علف‌کش و خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش با افزایش عمق آبشویی به طور معنی‌داری افزایش یافت. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که درصد ماده آلی بر عمق نفوذ ایمازتاپیر مؤثر بود و از آنجایی که در حال حاضر جایگزین قابل رقابتی برای علف‌کش‌ها وجود ندارد شاید بتوان با افزایش مصرف کود دامی از اثرات مخرب آنها کاست که علاوه بر بهبود ساختار خاک و افزایش میزان ماده آلی سبب پالایش خاک نیز می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آلودگی زیست محیطی، رفتار آبشویی علف‌کش، محتوی ماده آلی خاک، نفوذ علف‌کش

مقدمه

استفاده از علف‌کش‌ها در کشاورزی فشرده و مدرن امروزی جهت کنترل علف‌های هرز افزایش یافته است که مشکلات جدی زیست محیطی ناشی از انتقال به مکان‌های غیر هدف و آبشویی علف‌کش‌ها را به همراه دارد؛ و نیاز است تاثیرات سوء آن‌ها بر موجودات غیر هدف کاهش یابد. به عبارت دیگر آبشویی و انتقال علف‌کش‌ها نه تنها سبب کاهش کارایی می‌شود (۲۴)، بلکه آلودگی آب‌های زیرزمینی را نیز به دنبال دارد (۳۰). در میان فرایندهای انتقال علف‌کش‌ها در خاک، آبشویی به دلیل پتانسیل آلوده کردن آب‌های زیرزمینی از همه مهم‌تر می‌باشد. بر اساس نتایج پراتا و همکاران (۲۵) آبشویی، مخصوصاً در مورد مولکول‌های محلول در آب و غیر تبخیر شونده، تحت تأثیر محتوی و نوع ماده آلی، ترکیب و توزیع ذرات خاک، اسیدیته، فشردگی، اندازه و توزیع منافذ خاک قرار می‌گیرد.

علف‌کش ایمازتاپیر از خانواده ایمیدازولینون‌ها از طبقه سمی III علف‌کشی انتخابی است که به صورت قبل از کاشت آمیخته با خاک، قبل از سبز شدن و پس از رویش برای کنترل علف‌های هرز نازک و پهن برگ استفاده می‌شود. ایمازتاپیر در خاک‌های اسیدی به مدت طولانی‌تری باقی می‌ماند. ماده آلی خاک و pH به صورت معنی‌داری بر رفتار این علف‌کش در خاک مؤثر هستند. گزارش‌هایی مبنی بر آبشویی ایمازتاپیر به عمق بیشتر از ۲۵ سانتی‌متر در خاک اسیدی و در شرایط آزمایشگاهی وجود دارد (۶). علف‌کش‌های ایمیدازولینون معمولاً به صورت ضعیفی به ذرات خاک می‌چسبند (۳۱). تحقیقات اندکی نشان داده که جذب این خانواده از علف‌کش‌ها به خاک، تحت تأثیر رس و ماده آلی خاک قرار نمی‌گیرد (۲، ۸). اما نتایج تعداد دیگری از مطالعات بیان می‌کند که بین افزایش میزان رس و محتوای

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب استادیاران و دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم علف‌های هرز، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
(*- نویسنده مسئول: Email: avarseji@gonbad.ac.ir)
DOI: 10.22067/jpp.2020.32839.0

ماده آلی خاک و میزان جذب این خانواده علف‌کش ارتباط مستقیم وجود دارد (۷).

ماده آلی به عنوان عامل مهمی در نگه‌داری علف‌کش‌ها، پالایش محیط و کاهش پویایی پروفیل خاک در بین اجزای خاک مطرح می‌باشد (۳۲). همچنین ماده آلی با افزایش فعالیت میکروبی خاک، فرایند تجزیه زیستی علف‌کش‌ها را تسهیل می‌کند (۱۳). بنابراین تغییرات ماده آلی می‌تواند پویایی و آبشویی علف‌کش‌ها در پروفیل خاک را کاهش دهد و نقش مهمی در مدیریت آلودگی‌های محیطی ناشی از مصرف علف‌کش‌ها ایفا نماید (۲۷). بر اساس نتایج بریسینو و همکاران (۱۰) روش‌های زراعی مانند مخلوط کردن بقایای مواد آلی در خاک، در بیشتر مواقع سبب کاهش آبشویی علف‌کش‌ها می‌شود. به‌طوری‌که تجادا و بنیتز (۳۲) غلظت‌های کمتری از علف‌کش فلازاسولفورون (۳/۵، ۵/۴ و ۶/۹ میکرومولار) را در خاک‌های حاوی بقایای مواد آلی مانند کود مرغی و کود گاوی نسبت به خاک فاقد این مواد (۸/۹ میکرومولار) یافتند. نتایج فنول و همکاران (۱۳) نشان داد که آبشویی علف‌کش‌های ترایازین و ترایازینون در خاک‌های حاوی کود گوسفندی، بقایای قهوه، کمپوست تنه درخت کاج و فیبرهای نارگیل کاهش یافت. بر اساس نتایج مندز و همکاران (۱۸) بنوچار (زغال مشتق شده از استخوان گاو) به عنوان پالاینده مزوتریون و آمینوسیلوپیراکلر در خاک عمل می‌کند. غلظت‌های بالای علف‌کش اکسادیازون، در عمق‌های کمتر از ۰/۱ سانتی‌متر در پروفیل خاک، ۶۴ روز پس از کاربرد آن توسط مندز و همکاران (۱۸) ثبت شد که به دلیل میزان بیشتر ماده آلی در قسمت‌های سطحی خاک و جذب علف‌کش به خود و کاهش میزان جابجایی آن به اعماق بیشتر می‌باشد. این موضوع سبب می‌شود که کارایی علف‌کش در لایه‌های سطحی خاک که بانک بذر علف‌های هرز بیشتر است، بهتر باشد ضمن این‌که از آبشویی علف‌کش به آب‌های زیرزمینی و آلوده کردن آن‌ها نیز جلوگیری می‌کند.

بر اساس گزارش فنول و همکاران (۱۳) نیمه عمر علف‌کش‌های گروه تریازین و تریازینون در خاک‌هایی که توسط بقایای آلی تیمار نشده‌اند بیشتر می‌باشد به‌طوری که در شرایط افزودن کود دامی گوسفندی، نیمه عمر آترازین از ۱۳۹ به ۳۹ روز و با افزودن فیبرهای نارگیل به ۵ روز کاهش یافت. این محققین تاکید می‌کنند که در مورد کاهش نیمه عمر علف‌کش‌ها نمی‌توان به طور کلی نظر داد زیرا هر ماده آلی افزودنی به خاک اثر خاص خودش را بر جامعه میکروبی خاک و تجزیه علف‌کش‌ها داراست. در همین راستا نتایج آلباران و همکاران (۴) نشان داد که تجزیه زیستی علف‌کش سیمازین در حالتی که خاک توسط بقایای حاصل از روغن‌کشی زیتون تیمار شد کاهش یافت که به دلیل ترجیح میکروارگانیسم‌ها در استفاده از بقایای زیتون نسبت به علف‌کش می‌باشد. علاوه بر میکروارگانیسم‌ها که باعث تغییر علف‌کش‌ها می‌شوند، عوامل غیر زنده هم تحت تأثیر ماده آلی خاک می‌توانند دخیل باشند. الازوزی و همکاران (۱۱) گزارش کردند که حضور هیومیک اسید در آب سبب افزایش تجزیه نوری ایمازتاپیر می‌شود؛ زیرا وقتی علف‌کش توسط هیومیک اسید جذب می‌شود در معرض تجزیه نوری بیشتری قرار می‌گیرد.

در ایران علی رغم استفاده زیاد از علف‌کش‌ها اطلاعات زیادی از رفتار آبشویی آن‌ها در خاک در دسترس نیست. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر ماده آلی خاک بر کاهش عمق آبشویی علف‌کش ایمازتاپیر اجرا شد.

مواد و روش‌ها

معرفی تیمارها و صفات مورد اندازه‌گیری

علف‌کش ایمازتاپیر (SL ۱۰٪) از شرکت کیمیا گوهر خاک با میزان مصرف یک هکتار در لیتر تهیه شد. بذرهای پنبه (*Gossypium hirsutum*) نیز از شرکت دانه‌های روغنی گنبد کاووس خریداری شد.

نمونه برداری خاک

خاک آزمایش از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری محلی که تا کنون عملیات سم‌پاشی در آن انجام نشده بود، تأمین شد. بدین منظور از خاک باغچه شخصی که تاریخچه کشت و کار آن کاملاً مشخص بود، نمونه‌های خاک برداشت شدند. خصوصیات خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات خاک مورد استفاده در این آزمایش

Table 1- Properties of the soil used in this experiment

نوع خاک Soil type	اسیدیته pH	E.C. dS/m	مواد خنثی شونده Neutralizing (٪) materials	کربن آلی Organic carbon (٪)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	B (mg/kg)
سیلتی لوم Silty-loam	7.8	0.73	20	1.5	0.15	13.5	450	4.9	4.1	0.5	2

تیمارها و نوع طرح آماری

این پژوهش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبدکاووس در سال ۱۳۹۶ انجام شد. فاکتور اول نوع خاک، شامل پنج ترکیب مختلف خاک و ماده آلی (۱- خاک بدون افزودن ماده آلی + بدون اعمال علف‌کش (S_1)، ۲- خاک بدون افزودن ماده آلی+ علف‌کش (S_2)، ۳- خاک حاوی ۱۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش (S_3)، ۴- خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+ علف‌کش (S_4) و ۵- خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش (S_5)) و فاکتور دوم شامل عمق آبشویی به اندازه‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ سانتی‌متر بودند. میزان کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر (SL ۱۰٪) بر اساس دز توصیه شده آن و به میزان یک لیتر در هکتار بود.

مراحل اجرا

برای حذف میکروارگانیسم‌ها و سایر عوامل از جمله بذر علف‌های‌هرز، خاک مورد استفاده قبل از اضافه کردن ماده آلی به مدت ۴۰ دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد اتوکلاو شد (۳). سپس جهت جلوگیری از سله بستن و برای سبک‌تر کردن بافت خاک، از ماسه که از حاشیه رودخانه چهل‌چای تهیه گردید استفاده شد. به‌منظور به دست آوردن بهترین ترکیب خاک و ماسه چند آزمایش اولیه انجام شد و ترکیب ۶۰ درصد خاک + ۴۰ درصد ماسه جهت عدم سله‌بندی در آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. ماده آلی مورد استفاده از نوع کود گاوی پوسیده یک‌ساله بود که از روستای داشلی‌برون در اطراف گنبد کاووس تهیه شد و با نسبت‌های ۱۰، ۲۵ و ۵۰ درصد، به مخلوط خاک باغچه و ماسه اضافه شد تا نسبت‌های مورد نظر ایجاد گردد. در انتها برای یکنواخت کردن دانه‌بندی و حذف مواد اضافه از ترکیب خاک و کود، از مش ۲ میلی‌متری استفاده شد.

جهت تهیه ستون خاک از لوله پولیکا با قطر ۱۱ سانتی‌متر استفاده شد، برای سهولت در جدا سازی گلدان‌ها بعد از تهیه ستون خاک، لوله‌های مورد استفاده ابتدا به قطعات ۲ سانتی‌متر درجه بندی شده و سپس با دستگاه برش کلیه گلدان‌ها از یکدیگر جدا شدند (شکل ۱-a). تمامی گلدان‌ها به ترتیب با اعداد ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ (نشان دهنده عمق خاک) کدگذاری و هر ۷ گلدان با چسب نواری پهن به یکدیگر متصل شدند تا یک ستون خاک ۱۴ سانتی‌متری ایجاد شود؛ سپس هر ستون با خاک مربوط به خود پر شد (شکل ۱-b). بعد از تهیه ستون‌های خاک، کلیه ستون‌ها با آب اشباع شد تا اولاً خاک کاملاً خیس شده و در صورت نشست دوباره ستون با خاک مربوط به خود پر گردد و ثانیاً پس از کاربرد علف‌کش، انتقال آن به اعماق به‌صورت یکنواخت صورت گیرد (شکل ۱-c). برای این منظور ۲۴ ساعت قبل از اعمال علف‌کش ستون‌های خاک از آب اشباع شد، سپس علف‌کش با دز توصیه شده در هکتار تهیه و در کلیه ستون‌های خاک (غیر از ستون‌های خاک شاهد) اعمال شدند. لازم به ذکر است در زیر هر ستون خاک یک گلدان دارای ۴ سوراخ زه‌کش قرار داده شد تا خروج زه‌آب به سهولت انجام شود؛ بعد از اعمال علف‌کش در ستون‌های خاک به مدت ۴۸ ساعت عملیات کشت صورت نگرفت تا علف‌کش فرصت کافی جهت انتقال به اعماق مختلف خاک را داشته باشد، پس از گذشت زمان مذکور کلیه ستون‌های خاک از محل‌هایی که قبلاً با چسب به همدیگر متصل بودند با کاتر جدا شده و زیر هر گلدان با یک صفحه صاف بسته شد سپس در هر گلدان تعداد پنج بذر پنبه به عنوان گیاه حساس به ایمازتاپیر (۱۵) کشت شد (شکل ۱-d). بعد از کشت، گلدان‌ها به مدت ۴۸ ساعت آبیاری نشدند تا جذب علف‌کش توسط بذرها صورت گیرد (۳) و سپس عملیات آبیاری با توجه به نیاز گیاه به میزان ۱۴ سی‌سی برای هر گلدان انجام شد. کلیه گلدان‌ها به مدت ۳۰ روز در گلخانه تحت مراقبت قرار گرفتند و سپس درصد سبز شدن، ارتفاع ساقه، طول ریشه، وزن خشک ساقه و وزن خشک ریشه اندازه‌گیری و ثبت شدند (شکل ۱-e). جهت اندازه‌گیری وزن خشک از ترازوی دیجیتال با دقت یک صدم استفاده شد و برای خشک کردن اجزای گیاه، کلیه نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS ویرایش ۹/۳ انجام شد. جهت مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات اندازه‌گیری شده گیاه زراعی پنبه حاکی از آن بود که اثرات ساده و متقابل تیمارهای نوع خاک و عمق خاک، تأثیر معنی‌داری بر درصد سبز شدن، طول ساقه، طول ریشه، وزن خشک ساقه و وزن خشک ریشه پنبه نشان دادند (جدول ۱). از آنجایی‌که اثرات متقابل تیمارها معنی‌دار شدند برای مقایسه میانگین، در تمام صفات برش‌دهی فیزیکی در سطح نوع خاک انجام شد.



شکل ۱- مراحل انجام آزمایش آبشویی؛ a) برش‌دهی لوله، b) چسباندن لوله‌ها و پرکردن با خاک، c) آبیاری، d) کاشت بذور پنبه و e) اندازه‌گیری صفات

Figure 1- Steps of leaching test; a) cutting pipes, b) gluing pipes and filling with soil, c) irrigation, d) Sowing the cotton seeds, and e) measuring traits

درصد سبز شدن

همان‌طور که در جدول مقایسه میانگین ملاحظه می‌شود در تیمار بدون افزودن ماده آلی + بدون اعمال علف‌کش و تیمار بدون افـزودن ماده آلی+ علف‌کش درصد سبز شدن در عمـق‌هـای مختلـف خـاک، تفـاوت معنـی‌داری بـا یکـدیگر نداشـتند (p≥۰/۰۵) (جـدول ۲). در تیمارهای خاک حاوی ۱۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش، خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+ علف‌کـش و خـاک حـاوی ۵۰ درصـد مـاده آلـی+ علف‌کش با افزایش عمق خاک، درصد سبز شدن، افزایش یافته است که بیان‌گر کاهش میزان آبشویی ایمازتاپیر در عمق‌های بیشتر خـاک می‌باشد به عبارت دیگر با زیاد شدن عمق خـاک، مقـدار علـف‌کـش شسته شده نیز کاهش می‌یابد. با توجه به میانگین درصد سبز شدن در هر نوع خاک ملاحظه می‌شود که بیشترین درصد سبز شدن از تیمـار بدون افزودن ماده آلی + بدون اعمال علـف‌کـش بـا مقـدار ۶۲/۸۶ و کمترین از تیمار خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش بـا مقـدار ۵۶/۱۴ بدست آمد (جدول ۲). میانگین درصد سبز شدن در هـر عمـق خاک نشان مـی‌دهـد کـه بیشـترین درصـد سـبز شـدن از عمـق ۱۴ سانتی‌متر به مقدار ۷۸/۸۵ و کمترین آن از عمق دو سانتی‌متر با مقدار ۴۲/۶۶ بدست آمد (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده پنبه تحت تأثیر نوع و عمق خاک پس از اعمال علف‌کش ایمازتاپیر

Table 1- Analysis of variance for measured cotton traits under the influence of soil type and depth after the application of Imazethapyr herbicide

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی D.F.	میانگین مربعات				
		درصد سبز شدن Emergence percentage	طول ساقه Stem length	طول ریشه Root length	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
نوع خاک Soil type (a)	4	937.67 *	90.62 **	47.74 **	0.38 **	4582.6 **
عمق آبشویی Leaching depth (b)	6	2043.58 **	259.30 **	90.52 **	1.62 **	2620.4 **
a × b	24	1013.66 **	11.89 **	6.94 **	0.13 **	2308.5 **
Error خطا	70	468.56	2.21	0.63	0.03	384.0
C.V. (٪) ضریب تغییرات		15.71	17.17	15.81	24.58	21.15

*: معنی‌دار در سطح ۵ درصد، **: معنی‌دار در سطح ۱ درصد

*: significant at 5% level, **: significant at 1% level

جدول ۲- مقایسه میانگین درصد سبز شدن بذور پنبه تحت تأثیر نوع و عمق خاک پس از اعمال علف‌کش ایمازتاپیر (برش‌دهی فیزیکی بر اساس نوع خاک انجام شده است)

Table 2- The mean comparison of the emergence percentage of cotton seeds under the influence of soil type and depth after the application of Imazethapyr herbicide (physical cutting is done based on soil type)

نوع خاک Soil type	Leaching depth (cm) عمق آبشویی							میانگین در هر نوع خاک Mean of soil type
	2	4	6	8	10	12	14	
S_1	53.33 a	53.33 a	66.67 a	66.67 a	60.01 a	73.33 a	66.67 a	62.86 AB
S_2	53.33 a	73.33 a	86.67 a	80.00 a	66.67 a	66.67 a	67.67 a	70.62 A
S_3	73.33 ab	40.03 b	46.67 b	40.00 b	60.02 ab	53.33 ab	86.67 a	57.14 B
S_4	26.67 b	20.02 b	33.33 b	73.33 a	73.33 a	86.67 a	80.00 a	56.19 B
S_5	6.67 c	60.00 ab	80.00 ab	53.33 b	53.33 b	46.67 b	93.33 a	56.19 B
میانگین در هر عمق آبشویی Mean of leaching depth	42.67 D	49.33 CD	62.67 BC	62.67 BC	62.67 BC	65.33 AB	78.87 A	

بر اساس آزمون LSD حروف مشابه در هر ردیف، در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. S_1: شاهد بدون علف‌کش، S_2: خاک بدون افزودن ماده آلی+علف‌کش، S_3: خاک حاوی ۱۰ درصد ماده آلی+علف‌کش ، S_4: خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+علف‌کش و S_5: خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+علف‌کش

Based on LSD test similar letters in each row have no significance at the 5% probability level. S_1: control without herbicide, S_2: soil without organic matter + herbicide, S_3: soil containing 10% organic matter + herbicide, S_4: soil containing 25% organic matter + herbicide, and S_5: soil containing 50% organic matter + herbicide

طول ساقه

برش‌دهی فیزیکی در سطح نوع خاک، نشان داد که تقریبا در همه تیمارها با افزایش عمق، طول ساقه پنبه افزایش پیدا کرد. به طور کلی در تمام تیمارها به غیر از تیمار بدون افزودن ماده آلی + بدون اعمال علف‌کش در عمق‌های ۲ و ۴ سانتی‌متری کمترین مقدار طول ساقه بدست آمد؛ که به سبب غلظت بیشتر علف‌کش شسته شده در این دو عمق می‌باشد. در عمق‌های ۶، ۸ و ۱۰ سانتی‌متر با افزایش عمق خاک و کاهش غلظت آبشویی شده علف‌کش ایمازتاپیر، طول ساقه روند افزایشی نشان داد. اما در عمق‌های ۱۲ و ۱۴ سانتی‌متر این روند معکوس شده و طول ساقه در عمق ۱۲ از عمق ۱۴ سانتی‌متر بیشتر بود -اگرچه این اختلاف معنی‌دار نبود- که می‌تواند به دلیل تجمع علف‌کش شسته شده در انتهای ستون باشد. زیرا پس از اعمال علف‌کش، ۴۸ ساعت ستون‌های خاک در حالت ایستاده قرار گرفتند تا فرصت لازم برای انتقال علف‌کش به اعماق وجود داشته باشد و احتمالا پس از رسیدن علف‌کش به انتهای ستون و سرعت پائین زه‌کش در این ناحیه، تجمع ایمازتاپیر در عمق‌های پایینی مخصوصا در عمق ۱۴ سانتی‌متری سبب کاهش طول ساقه در این عمق شده است (جدول ۳).

نکته جالب توجه در عمق‌های ۲ و ۴ سانتی‌متر این است که در بین تیمارهای حاوی علف‌کش، طول ساقه پنبه در تیمارهای واجد ماده آلی بالاتر خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+ علف‌کش و خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش از عمق ۴ سانتی‌متر به بعد دیگر صفر نیست، در حالی‌که در دو نوع خاک دیگر، بدون افزودن ماده آلی+ علف‌کش و خاک حاوی ۱۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش، طول

ساقه در این عمق‌ها نیز صفر می‌باشد. به نظر می‌رسد که احتمالا وجود ماده آلی بیشتر در دو تیمار خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+ علف‌کش و خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش سبب جذب بیشتر علف‌کش شسته شده در این عمق شده و مقدار غلظت علف‌کش قابل دسترس برای گیاه کاهش می‌یابد به همین دلیل در این دو نوع خاک، از عمق ۴ سانتی‌متر به بعد رشد طولی ساقه دیده می‌شود، اما در دو تیمار دیگر با ماده آلی کمتر در عمق ۴ سانتی‌متر نیز ساقه پنبه، رشد طولی نداشت (جدول ۳). به عبارت دیگر افزایش ماده آلی خاک با جذب سطحی علف‌کش مورد نظر، علاوه بر این‌که غلظت قابل دسترس علف‌کش برای آسیب به گیاه را کاهش می‌دهد؛ سبب کاهش عمق آبشویی علف‌کش نیز می‌گردد.

با توجه به میانگین طول ساقه تحت تاثیر نوع خاک، بیشترین طول ساقه از تیمار بدون افزودن ماده آلی + بدون اعمال علف‌کش به میزان ۱۲/۴ و کمترین آن از تیمار بدون افزودن ماده آلی+ علف‌کش به میزان ۷/۴ سانتی‌متر بدست آمد که اختلاف تیمار بدون افزودن ماده آلی + بدون اعمال علف‌کش با بقیه تیمارها معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین طول ساقه در بین عمق‌های مختلف خاک از عمق ۱۰ و ۱۲ سانتی‌متر با میزان ۱۱/۶ سانتی‌متر بدست آمد و کمترین آن از عمق ۲ سانتی‌متر به مقدار ۲/۱ ثبت شد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین طول ساقه گیاهچه‌های پنبه (سانتی متر) تحت تأثیر نوع و عمق خاک پس از اعمال علف‌کش ایمازتاپیر (برش‌دهی فیزیکی بر اساس نوع خاک انجام شده است)

Table 3– The mean comparison of the stem length of cotton seedlings (cm) under the influence of soil type and depth after the application of Imazethapyr herbicide (physical cutting was done based on soil type)

نوع خاک Soil type	عمق آبشویی (سانتی‌متر) 2	4	6	8	10	12	14	میانگین در هر نوع خاک Mean of soil type
S_1	10.6 b	11.1 b	11.7 ab	12.9 ab	12.8 ab	13.7 a	13.7 a	12.4 A
S_2	0.0 d	0.0 d	8.7 c	9.1 bc	11.8 a	10.8 abc	11.1 ab	7.4 B
S_3	0.0 b	0.0 b	11.4 a	12.0 a	11.8 a	10.6 a	9.8 a	7.9 B
S_4	0.0 b	1.5 b	10.1 a	11.2 a	11.2 a	10.5 a	9.2 a	7.7 B
S_5	0.0 e	3.2 d	8.8 c	9.9 bc	10.2 abc	12.4 a	11.5 ab	8.0 B
میانگین در هر عمق آبشویی Mean of leaching depth	2.1 B	3.2 B	10.1 A	11.0 A	11.6 A	11.6 A	11.1 A	

بر اساس آزمون LSD حروف مشابه در هر ردیف، در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.. S_1: شاهد بدون علف‌کش، S_2: خاک بدون افزودن ماده آلی+علف‌کش، S_3: خاک حاوی ۱۰ درصد ماده آلی+علف‌کش ، S_4: خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+علف‌کش و S_5: خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+علف‌کش

Based on LSD test similar letters in each row have no significance at the 5% probability level. S_1: control without herbicide, S_2: soil without organic matter + herbicide, S_3: soil containing 10% organic matter + herbicide, S_4: soil containing 25% organic matter + herbicide, and S_5: soil containing 50% organic matter + herbicide

طول ریشه

براساس جدول مقایسه میانگین، در تیمار بدون افزودن ماده آلی + بدون اعمال علف‌کش بین طول ریشه گیاهچه‌های پنبه اختلاف معنی‌داری در عمق‌های مختلف خاک وجود نداشت؛ از آنجایی‌که در این تیمار علف‌کش استفاده نشده بود بنابراین طبق انتظار، تفاوتی نیز در عمق‌های متفاوت مشاهده نشد ($p \geq ۰/۰۵$) (جدول ۴).

در بقیه تیمارهای واجد علف‌کش با افزایش عمق خاک و دور شدن از کانون شروع اولیه علف‌کش ایمازتاپیر، طول ریشه پنبه افزایش یافت. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در تیمارهای بدون افزودن ماده آلی+ علف‌کش و خاک حاوی ۱۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش در عمق‌های دو و چهار سانتی‌متر، طول ریشه پنبه صفر ثبت شده اما در دو تیمار خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+ علف‌کش و خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش طول ریشه فقط در عمق خاک دو سانتی‌متر صفر می‌باشد و در عمق‌های دیگر، رشد داشته است؛ به نظر می‌رسد که افزایش مقدار ماده آلی در تیمارهای خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+ علف‌کش و خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش بخشی از ماده موثره شسته شده علف‌کش را به خود جذب کرده و مقدار کمتری از آن در اختیار پنبه قرار گرفته به همین دلیل بر خلاف دو تیمار خاک حاوی ۱۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش و بدون افزودن ماده آلی+ علف‌کش که در عمق چهار سانتی‌متر هم رشد ریشه صفر بود؛ در تیمارهای خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+ علف‌کش و خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش، ریشه دارای رشد می‌باشد. در کنار احتمال جذب علف‌کش توسط ماده آلی خاک، شاید رشد گیاه نیز بوسیله ماده آلی بیشتر خاک، تحت تاثیر قرار گرفته و در جبران اثر منفی علف‌کش موثر واقع شود (جدول ۴).

همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین میانگین طول ریشه در هر نوع خاک، از تیمار بدون افزودن ماده آلی + بدون اعمال علف‌کش با مقدار ۷/۶ بدست آمد که با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت و کمترین از تیمار خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+ علف‌کش با مقدار ۳/۹ حاصل شد؛ اما بیشترین طول ریشه تحت تاثیر اثر ساده عمق

خاک از عمق ۱۲ سانتی‌متر بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با عمق‌های ۱۰ و ۱۴ سانتی‌متر نداشت. کمترین طول ریشه با مقدار صفر نیز از عمق خاک دو سانتی‌متر ثبت شد (جدول ۴).

جدول ٤- مقایسه میانگین طول ریشه گیاهچه‌های پنبه تحت تأثیر نوع و عمق خاک پس از اعمال علف‌کش ایمازتاپیر (برش‌دهی فیزیکی بر اساس نوع خاک انجام شده است)

Table 4– The mean comparison of the stem length of cotton seedlings under the influence of soil type and depth after the application of Imazethapyr herbicide (physical cutting was done based on soil type)

نوع خاک Soil type	Leaching depth (cm) عمق آبشویی							میانگین در هر نوع خاک Mean of soil type
	2	4	6	8	10	12	14	
S_1	7.3 ^{a}	7.2 ^{a}	7.9 ^{a}	8.0 ^{a}	7.8 ^{a}	8.0 $_a$	7.2 ^{a}	7.6 ^{A}
S_2	0.0 ^{c}	0.0 ^{c}	3.4 ^{b}	3.7 ^{b}	8.1 $_a$	7.3 ^{a}	8.1 ^{a}	4.4 ^{B}
S_3	0.0 ^{c}	0.0 ^{c}	3.5 ^{b}	4.0 ^{b}	7.8 ^{a}	7.2 ^{a}	6.9 ^{a}	4.2 ^{B}
S_4	0.0 ^{d}	1.0 ^{d}	3.0 ^{c}	3.8 ^{c}	7.3 ^{a}	6.5 ^{ab}	5.8 ^{b}	3.9 ^{B}
S_5	0.0 ^{d}	1.9 ^{c}	5.6 ^{b}	6.5 ^{ab}	5.5 ^{b}	7.1 ^{a}	7.6 ^{a}	4.9 ^{B}
میانگین در هر عمق آبشویی Mean of leaching depth	1.5 ^{C}	2.0 ^{C}	4.7 ^{B}	5.2 ^{B}	7.3 ^{A}	7.2 ^{A}	7.1 ^{A}	

بر اساس آزمون LSD حروف مشابه در هر ردیف، در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. S_1: شاهد بدون علف‌کش، S_2: خاک بدون افزودن ماده آلی+علف‌کش، S_3: خاک حاوی ۱۰ درصد ماده آلی+علف‌کش ، S_4: خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+علف‌کش و S_5: خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+علف‌کش

Based on LSD test similar letters in each row have no significance at the 5% probability level. S_1: control without herbicide, S_2: soil without organic matter + herbicide, S_3: soil containing 10% organic matter + herbicide, S_4: soil containing 25% organic matter + herbicide, and S_5: soil containing 50% organic matter + herbicide

وزن خشک ساقه

همان‌طور که در جدول ۵ ملاحظه می‌شود در تیمار بدون افزودن ماده آلی + بدون اعمال علف‌کش بین وزن خشک ساقه پنبه در عمق‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود ندارد که به دلیل عدم مصرف علف‌کش در این تیمار، طبیعتا اختلاف معنی‌داری از این نظر نباید وجود داشته باشد. در تیمارهای بدون افزودن ماده آلی+ علف‌کش، خاک حاوی ۱۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش، خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+ علف‌کش و خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش، با افزایش عمق خاک وزن خشک ساقه به طور معنی‌داری افزایش یافت که نشان از آبشویی کمتر علف‌کش در اعماق بیشتر خاک دارد. در دو تیمار بدون افزودن ماده آلی+ علف‌کش و خاک حاوی ۱۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش وزن خشک ساقه در دو عمق ۲ و ۴ سانتی‌متری صفر بود در حالی‌که در تیمارهای خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+ علف‌کش و خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش، با افزایش میزان ماده آلی فقط در عمق ۲ سانتی‌متری مقدار وزن خشک ساقه صفر ثبت شد؛ که به نظر می‌رسد با افزایش مقدار ماده آلی و جذب علف‌کش توسط آن و از طرف دیگر کمک به رشد بیشتر گیاه زراعی پنبه سبب شده است که از عمق ۴ سانتی‌متر به بعد گیاه زراعی رشد داشته باشد (جدول ۵). بیشترین میانگین وزن خشک ساقه پنبه در هر نوع خاک از تیمار بدون افزودن ماده آلی + بدون اعمال علف‌کش با مقدار ۰/۸۷ گرم و بیشترین میانگین در تمام عمق‌های خاک از عمق ۱۴ سانتی‌متر بدست آمد (جدول ۵).

وزن خشک ریشه

طبق انتظار به دلیل عدم مصرف علف‌کش، در تیمار بدون افزودن ماده آلی + بدون اعمال علف‌کش اختلاف معنی‌داری بین وزن خشک ریشه پنبه در عمق‌های مختلف وجود نداشت (جدول ۶) در بقیه تیمارها با افزایش عمق خاک، وزن خشک ریشه افزایش نشان داد. در عمق‌های آبشویی ۲ و ۴ سانتی‌متر، وزن خشک ریشه کمترین بود که به دلیل جذب بیشتر و نزدیکی به محل انتشار اولیه علف‌کش ایمازتاپیر می‌باشد. همین‌طور در تیمارهای خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+ علف‌کش و خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش، به سبب میزان ماده آلی بیشتر فقط در عمق ۲ سانتی‌متری وزن خشک ریشه صفر بدست آمد و در دو تیمار خاک بدون افزودن ماده آلی+ علف‌کش و خاک حاوی ۱۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش، در هر دو عمق ۲ و ۴ سانتی‌متر وزن خشک ریشه صفر ثبت شد. اثر ساده نوع خاک هم نشان داد که بیشترین میانگین وزن خشک ریشه از تیمار بدون افزودن ماده آلی + بدون اعمال علف‌کش (۰/۴۲ گرم) که با اختلاف معنی‌داری از بقیه تیمارها بیشتر می‌باشد. و بیشترین وزن خشک ریشه از عمق خاک ۱۲ و ۱۴ سانتی‌متر (۰/۴۱ گرم) حاصل شد (جدول ۶).

جدول ۵- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه گیاهچه‌های پنبه (گرم در بوته) تحت تأثیر نوع و عمق خاک پس از اعمال علف‌کش ایمازتاپیر (برش‌دهی فیزیکی بر اساس نوع خاک انجام شده است)

Table 5– The mean comparison of the stem dry weight of cotton seedlings (g/plant) under the influence of soil type and depth after the application of Imazethapyr herbicide (physical cutting was done based on soil type)

نوع خاک Soil type	Leaching depth (cm) عمق آبشویی 2	4	6	8	10	12	14	میانگین در هر نوع خاک Mean of soil type
S_1	0.94 ^{a}	0.75 ^{a}	0.90 ^{a}	0.94 ^{a}	0.82 ^{a}	0.89 ^{a}	0.84 ^{a}	0.87 ^{A}
S_2	0.00 ^{c}	0.00 ^{c}	0.72 ^{b}	0.68 ^{b}	0.86 ^{ab}	0.90 ^{ab}	1.06 ^{a}	0.60 ^{AB}
S_3	0.00 ^{b}	0.00 ^{b}	1.10 ^{a}	1.08 ^{a}	0.96 ^{a}	0.93 ^{a}	0.96 ^{a}	0.72 ^{AB}
S_4	0.00 ^{b}	0.15 ^{b}	0.70 ^{a}	0.66 ^{a}	0.69 ^{a}	0.68 ^{a}	0.70 ^{a}	0.51 ^{B}
S_5	0.00 ^{c}	0.11 ^{c}	0.82 ^{b}	0.81 ^{b}	0.88 ^{ab}	1.09 ^{a}	1.00 ^{ab}	0.67 ^{AB}
میانگین در هر عمق آبشویی Mean of leaching depth	0.19 ^{B}	0.20 ^{B}	0.85 ^{A}	0.83 ^{A}	0.84 ^{A}	0.90 ^{A}	0.91 ^{A}	

بر اساس آزمون LSD حروف مشابه در هر ردیف، در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. S_1: شاهد بدون علف‌کش، S_2: خاک بدون افزودن ماده آلی+علف‌کش، S_3: خاک حاوی ۱۰ درصد ماده آلی+علف‌کش ، S_4: خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+علف‌کش و S_5: خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+علف‌کش

Based on LSD test similar letters in each row have no significance at the 5% probability level. S_1: control without herbicide, S_2: soil without organic matter + herbicide, S_3: soil containing 10% organic matter + herbicide, S_4: soil containing 25% organic matter + herbicide, and S_5: soil containing 50% organic matter + herbicide

جدول ٦- مقایسه میانگین وزن خشک ریشه گیاهچه‌های پنبه (گرم در بوته) تحت تأثیر نوع و عمق خاک پس از اعمال علف‌کش ایمازتاپیر (برش‌دهی فیزیکی بر اساس نوع خاک انجام شده است)

Table 6– The mean comparison of the root dry weight of cotton seedlings (g/plant) under the influence of soil type and depth after the application of Imazethapyr herbicide (physical cutting was done based on soil type)

نوع خاک Soil type	Leaching depth (cm) عمق آبشویی 2	4	6	8	10	12	14	میانگین در هر نوع خاک Mean of soil type
S_1	0.44 ^{a}	0.34 ^{a}	0.46 ^{a}	0.44 ^{a}	0.43 ^{a}	0.43 ^{a}	0.42 ^{a}	0.42 ^{A}
S_2	0.00 ^{d}	0.00 ^{d}	0.20 ^{c}	0.28 ^{bc}	0.36 ^{b}	0.33 ^{ab}	0.51 ^{a}	0.24 ^{B}
S_3	0.00 ^{d}	0.00 ^{d}	0.25 ^{c}	0.32 ^{bc}	0.43 ^{ab}	0.44 ^{ab}	0.47 ^{a}	0.27 ^{B}
S_4	0.00 ^{b}	0.04 ^{b}	0.25 ^{a}	0.26 ^{a}	0.33 ^{a}	0.36 ^{a}	0.24 ^{a}	0.21 ^{B}
S_5	0.00 ^{d}	0.03 ^{d}	0.25 ^{c}	0.29 ^{bc}	0.39 ^{abc}	0.46 ^{a}	0.42 ^{ab}	0.26 ^{B}
میانگین در هر عمق آبشویی Mean of leaching depth	0.09 ^{B}	0.08 ^{B}	0.28 ^{A}	0.32 ^{A}	0.39 ^{A}	0.41 ^{A}	0.41 ^{A}	

بر اساس آزمون LSD حروف مشابه در هر ردیف، در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. S_1: شاهد بدون علف‌کش، S_2: خاک بدون افزودن ماده آلی+علف‌کش، S_3: خاک حاوی ۱۰ درصد ماده آلی+علف‌کش ، S_4: خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+علف‌کش و S_5: خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+علف‌کش

Based on LSD test similar letters in each row have no significance at the 5% probability level. S_1: control without herbicide, S_2: soil without organic matter + herbicide, S_3: soil containing 10% organic matter + herbicide, S_4: soil containing 25% organic matter + herbicide, and S_5: soil containing 50% organic matter + herbicide

نتایج نشان دادند که درصد ماده آلی خاک بر عمق آبشویی و نفوذ علف‌کش ایمازتاپیر موثر است به‌طوری که صفت‌های اندازه‌گیری شده پنبه در تیمارهای حاوی درصدهای بالاتر ماده آلی (خاک حاوی ۲۵ درصد ماده آلی+ علف‌کش و خاک حاوی ۵۰ درصد ماده آلی+ علف‌کش) در عمق‌های بیشتر از ۴ سانتی‌متر، تحت تاثیر آبشویی علف‌کش قرار نگرفتند به عبارت دیگر به نظر می‌رسد وجود ماده آلی بالاتر علاوه بر کمک به رشد گیاه، با جذب مقدار بیشتری از علف‌کش، سبب کاهش انتقال آن به عمق‌های پایین‌تر می‌گردد و در نتیجه گیاه زراعی پنبه با مقادیر کمتری از ایمازتاپیر آبشویی شده مواجه شده و نسبت به تیمارهای با درصد ماده آلی پایین‌تر که علاوه بر عمق ۲ سانتی‌متر در عمق ۴ سانتی‌متری نیز صفات مورد اندازه‌گیری صفر بودند، مقدار آسیب آبشویی علف‌کش، کمتر شده است. شاید بتوان افزایش معنی‌دار پارامترهای مطالعه شده در گیاه زراعی پنبه با افزایش میزان ماده آلی در عمق‌های مختلف آبشویی علف‌کش ایمازتاپیر را از دو جنبه مورد تأمل قرار داد. اول اینکه احتمال می‌رود زیاد شدن ماده آلی، باعث افزایش تجزیه ایمازتاپیر شود؛ نتایج چندین مطالعه، نشان داده که در تیمارهای حاوی ماده آلی، تجزیه علف‌کش به صورت معنی‌داری زیاد شده است (۵، ۱۷، ۱۸). دوم اینکه، ماده آلی، باعث بهبود واکنش‌های متابولیک داخل گیاه شده و لذا با زیاد شدن ماده آلی، شاخص‌های رشدی پنبه بهبود یافته است. بر اساس مطالعات انجام شده وجود مواد آلی در خاک هم در افزایش جذب آفت‌کش‌ها و هم در تسریع تجزیه زیستی آن‌ها تاثیرگذار هستند (۱۰). امروزه اکثر محققین بر این باورند که بدلیل کمبود یک یا تعداد بیشتری از عناصر غذایی مورد نیاز در شرایط

طبیعی محیط، سرعت تجزیه آفت‌کش‌ها کاهش می‌یابد، از این‌رو افزودن کودهای آلی و دامی به خاک‌های کشاورزی موجب تحریک رشد میکروارگانیسم‌های خاک و افزایش فرآیند تجزیه زیستی آفت‌کش‌ها می‌شود (۲۳).

در این میان فرمول شیمیایی علف‌کش نیز مهم می‌باشد. به عنوان مثال مولکلول‌های ایمازتاپیر، آمفومتریک هستند که به طور طبیعی هر دو بنیان اسیدی (کربوکسیل) و بازی (نیتروژن پیریدین) را دارا هستند. وضعیت یونی آن‌ها بسته به میزان اسیدیته محیط تغییر می‌کند به طوری که در شرایط خنثی و بازی به فرم آنیونی در می‌آیند که سبب جذب سطحی کم یا منفی علف کش به دلیل دفع توسط ذرات رس و ماده آلی می‌شود (۲۱ و ۸). در pH اسیدی، فرم غیر یونی علف‌کش غالب می‌شود که سبب وابستگی واکنش علف‌کش به نوع خاک می‌شود (۱۲). از طرفی ساختمان مولکولی، اجزاء و خصوصیات متنوع خاک مانند محتوای ماده آلی، رس و تبادل کاتیونی بر ماندگاری ایمازتاپیر و قدرت جذب سطحی آن در pH اسیدی مؤثر می‌باشد (۱۴). اگرچه که بررسی منابع بر این اساس که کدام خصوصیت به صورت اولیه سبب جذب این علف‌کش در مناطق جغرافیایی مختلف می‌شود، اما چکیده این مطالعات نشان می‌دهد که ایمازتاپیر وابستگی زیادی با محتوای ماده آلی خاک دارد (۲۱). در حالی که نتایج دیگر بیان می‌کند که ماده آلی خاک ممکن است که کاملاً سبب جذب ایمازتاپیر به ذرات خاک نباشد (۲۲ و ۱).

مواد آلی نقش مهمی در تجزیه و ماندگاری آفت‌کش‌ها دارند. از یک سو جذب آفت‌کش‌ها توسط مواد آلی خاک سبب کاهش انتقال آن‌ها در پروفیل خاک می‌شود و این مهم در کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی مؤثر است و از سوی دیگر با افزایش مواد آلی خاک فعالیت میکروبی آن به دلیل فراهمی قندها و اسیدهای آمینه تشدید می‌شود که این مساله در تجزیه آفت‌کش‌ها مهم می‌باشد (۱۰). جذب آفت‌کش‌ها توسط اجزای خاک فرایند اصلی تعیین کننده‌ی تعاملات بین خاک و آفت‌کش است و این فرایند از این جهت که انتقال آفت‌کش‌ها به منابع آب‌های زیرزمینی را به تأخیر می‌اندازد مورد توجه است (۳۳). از سوی دیگر سایر فرایندهای تعیین کننده سرنوشت آفت‌کش‌ها رابطه مستقیمی با آن دارند و به دلیل پیچیدگی و ناهمگنی محیط خاک و فراوانی عوامل مؤثر بر جذب، پیش‌بینی فرایند جذب در شرایط مزرعه کار دشواری است (۱۶). در مجموع مقدار مواد آلی، رس و آب خاک، اسیدیته، درجه حرارت و هم‌چنین ساختار مولکولی آفت‌کش عوامل تعیین کننده‌ی جذب سطحی هستند (۲۷).

در آزمایشی که به منظور بررسی تحرک و ماندگاری متری‌بیوزین در شرایط بارندگی و آبیاری در مزرعه انجام شد، متری‌بیوزین به دلیل داشتن ضریب جذب کم‌تر نسبت به آترازین متحرک‌تر بود و نیمه‌عمر متری‌بیوزین به ترتیب ۲/۰۴ و ۳/۰۸ هفته در شرایط آبیاری و بارندگی تخمین زده شد (۲۰). باتوجه به بالابودن ضریب آبشویی متری‌بیوزین، قابلیت جذب کم این علف‌کش و پتانسیل نفوذ آن به آب‌های زیرزمینی، مطالعات زیادی در جهت کاهش آبشویی آن با استفاده از مواد آلی و کمپوست انجام شده است (۲۸). در آزمایشی که به منظور بررسی اثر بیوکمپوست حاصل از کارخانه نیشکر بر تجزیه و تحرک متری‌بیوزین در خاک شنی لومی انجام شد، مشاهده شد که استفاده از بیوکمپوست به طور موثری در کاهش آبشویی متری‌بیوزین و آلودگی آب‌های زیرزمینی مؤثر است (۲۹).

ایمازتاپیر از طریق ریشه و برگ جذب شده و در آوندهای چوبی و آبکش گیاه جریان می‌یابد (۱۴). در این مطالعه نیز ایمازتاپیر پس از جذب توسط گیاهچه‌های پنبه، با توقف در چرخه ساخت اسیدهای آمینه و کاهش سطح مقدار آن‌ها مانند والین، لیسین و ایزولیسین سبب مرگ سلول‌ها و در نهایت باعث کاهش رشد پنبه شده است. مفیدی و همکاران (۲۰) نیز گزارش کردند که تأثیر بقایای علفکش متری‌بوزین بر گیاهچه‌های جو با افزایش درصد رس، ماده آلی و زمان کاربرد کاهش یافت. نتایج آزمایش زیست‌سنجی قسام (۲۶) که روی تأثیر بقایای علف‌کش‌های مورد استفاده در ذرت بر گیاه شاخص شاهی انجام شد؛ نشان داد که از بین بقایای علف‌کش‌های قدیمی، علف‌کش آترازین باعث کمترین میزان سبز شدن، طول ساقه، وزن خشک شاهی می‌گردد و بقایای علف‌کش نیکوسولفورون در بین خانواده سولفونیل اوره، تأُثیر بیشتری بر کاهش وزن خشک نشان داد. همچنین بقایای موجود در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری خاک تأُثیر بیشتری در کاهش وزن خشک شاخساره به همراه داشت.

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این پژوهش، افزایش میزان ماده آلی خاک سبب کاهش عمق آبشویی ایمازتاپیر می‌گردد. به طوری‌که با زیاد شدن میزان ماده آلی، علاوه بر کاهش چشمگیر انتقال علف‌کش به عمق‌های بیشتر، افزایش طول و وزن خشک ساقه و ریشه پنبه را بدنبال داشته است. با توجه به اینکه در کشاورزی مدرن، مصرف علف‌کش به عنوان بخشی از مدیریت علف‌های هرز مطرح است و فعلا جایگزین قابل رقابتی برایش وجود ندارد می‌توان از روش‌های مکمل در جهت کاهش اثرات مخرب آنها استفاده کرد و میزان آسیب آن را به موجودات غیر هدف کاهش داد، که بنظر می‌رسد مصرف کود دامی می‌تواند در این مهم کمک شایانی بنماید. کود دامی علاوه بر بهبود ساختار خاک و افزایش میزان ماده آلی، سبب پالایش خاک نیز می‌شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات آقای مهندس حسینی کارشناس آزمایشگاه

مرکزی، خانم سراوانی کارشناس آزمایشگاه گیاهشناسی دانشگاه گنبدکاووس و آقای مهندس تاج محمد خواجوی قدردانی می‌شود.

منابع

1. Ahmad R., and Rahman A. 2009. Sorption characteristics of atrazine and imazethapyr in soils of New Zealand: importance of independently determined sorption data. Journal of Agriculture and Food Chemistry 57: 10866–10875.
2. Ahmad R., Kookana R.S., and Alston A.M. 2001. Sorption of ametryn and imazethapyr in twenty-five soils from Pakistan and Australia. Journal of Environmental Science and Health - Part B 36: 143–160.
3. Ahrens W.H. 1986. Herbicide leaching column for a weed science teaching laboratory. Journal of Agronomic Education 15(1): 17-20.
4. Albarrán A., Celis R., Hermosín M.C., Lopez-Pineiro A., Ortega-Calvo J.J., and Cornejo J. 2003. Effects of solid olive-mill waste addition to soil on sorption, degradation and leaching of the herbicide simazine. Soil Use Management 19:150-156.
5. Barzoei M., Izadi-Darbandi E., Rashed Mohassel M., Rastgoo M., and Hassanzadeh M. 2016. Estimate of trifluralin half-life in soil by bioassay experiment. Journal of Plant Protection 30(2): 177-178. (In Persian)
6. Basham G., Lavy T.L., Oliver L.R., and Scott H.D. 1987. Imazaquin persistence and mobility in three Arkansas soils. Weed Science 35: 576-582.
7. Battaglin W.A., Furlong E.T., Burkhardt M.R., and Peter C.J. 2000. Occurrence of sulfonylurea, sulfonamide, imidazolinone, and other herbicides in rivers, reservoirs and ground water in the Midwestern United States. Science of Total Environment 248: 123-133.
8. Bresnahan G.A., Dexter A.G., Koskinen D., and Lueschen W.F. 2002. Influence of soil pH-sorption interactions on the carry-over of fresh and aged soil residues of imazamox. Weed Research 23: 42–45
9. Bresnahan G.A., Koskinen W.C., Dexter A.G., and Lueschen W.F. 2000 Influence of soil pH-sorption interactions on imazethapyr carry-over. Journal of Agriculture and Food Chemistry 48: 1929-1934.
10. Briceño G., Palma G., and Durán N. 2007. Influence of organic amendment on the biodegradation and movement of pesticides. Critical Reviews in Environmental Science and Technology 37(3): 233-271.
11. Elazzouzi M., Mekkaoui M., Zaza S., El Madani M., Zrineh A., and Chovelon J.M. 2002. Abiotic degradation of imazethapyr in aqueous solution. Journal of Environmental Science and Health Part B 37: 445-451.
12. El-Madani M., Elazzouzi M., Zrineh A., Martens D. and Kettrup A. 2003. PH effect and kinetic studies of the binding behavior of imazethapyr herbicide on some Moroccan soils. Fresenius Environmental Bulletin 12(9): 1114–1119
13. Fenoll J., Vela N., Navarro G., Pérez-Lucas G., and Navarro S. 2014a. Assessment of agro-industrial and composted organic wastes for reducing the potential leaching of triazine herbicide residues through the soil. Science of the Total Environment 493: 124-132.
14. Johnson D.H., Shaner D.L., Deane J., Mackersie L.A., and Tuxhorn G. 2000. Time-dependent adsorption of imazethapyr to soil. Weed Science 48: 769–775.
15. Johnson D.H., Jordon D.L., Johnson W.G., Talbert R.E., and Frans R.E. 1993. Nicosulfuron, primisulfuron, imazethapyr and DPX-PE350 injury to succeeding crops. Weed Technology 7: 641–644
16. Mansoori H., Zand E., Baghestani M., and Tavakoli M. 2008. Effect of sulfonylurea herbicides on yield and components of yield of canola (*Brassica napus* L.) in rotation with wheat. Iranian Journal of Weed Science 4(1): 75-83. (In Persian)
17. Mehdizadeh M., Izadi-Darbandi E., Naseri-Pour Yazdi M., Rastgoo M., Malaekeh-Nikouei B., and Nasirli H. 2015. Evaluation of metribuzin degradation and its half-life in soil affected by different organic fertilizers under field conditions. Applied Field Crops Research 28(3): 120-126. (In Persian)
18. Mendes K.F., Hall K.E., Takeshita V., Rossi M.L., and Tornisielo V.L. 2018a. Animal Bonechar increases sorption and decreases leaching potential of aminocyclopyrachlor and mesotrione in a tropical soil. Geoderma 316: 11-18.
19. Mendes K.F., Reis M.R., Passos A.B.R.J., Inoue M.H., Silva A.A., and Silva D.V. 2016. Determination of oxadiazon residues in the field treated soil with and without organic matter incorporated. Environment and Earth Science 75: 1-8.
20. Mofidi S., Ramezani M., and Diyanat M. 2016. Persistence of metribuzin in soils with different characteristics and utilization history and their effects on cultivated oat (*Avena sativa* L.). Semi Annual Journal of Weed Ecology 4(1): 19-26. (In Persian)
21. Negre M., Schulten H.R., Gennari M., and Vindrola D. 2001. Interactions of imidazolinone herbicides with soil humic acid. Experimental results and molecular modelling. Journal of Environmental Science and Health 2: 107–125.
22. Oliveira J.R.S., Koskinen W.C., and Ferreira F.A. 2001. Sorption and leaching potential of herbicides on Brazilian

soils. Weed Research 41(2): 97–110.
23. Parham J.A., Deng S.P., Da H.N., Sun H.Y., and Raun W.R. 2003. Long-term cattle manure application in soil. Effect on soil microbial populations and community structure. Journal of Biology and Fertility of Soils 38: 209-215.
24. Poorazar R., and Zand E. 2011. Final report of the plan of the effect of herbicide residues in corn on wheat crop. Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center. 35 pages. (In Persian)
25. Prata F., Cardinali V.C.B., Lavorenti A., Tornisielo V.L., and Regitano J.B. 2003. Glyphosate sorption and desorption in soils with different phosphorous levels. Scientia Agricola 60: 175-80.
26. Qassam A. 2008. Investigation of the effect of herbicide residues used in corn using watercress. 17th Iranian Plant Protection Congress, Karaj. Page 66. (In Persian)
27. Rojas R., Morillo J., Usero J., Delgado-Moreno L., and Gan J. 2013. Enhancing soil sorption capacity of an agricultural soil by addition of three different organic wastes. Science of the Total Environment 458: 614-623.
28. Sanchez-Camazano M. 2006. Comparison of pesticide sorption by physico-chemically modified soils with natural soils as a function of soil properties and pesticide hydroph city. Journal of Soil and Sediment Contamination 15: 401-415.
29. Shahraeeni A. 2014. The effect of herbicide residues on morphological characteristics of corn and sorghum roots. Master Thesis. Islamic Azad University, Sabzevar Branch. (In Persian)
30. Sondhia S. 2008a. Leaching behavior of metsulfuron-methyl in two texturally different soils. Environmental Monitoring and Assessment 154(1): 111-115.
31. Sondhia S. 2008b. Terminal residues of imazethapyr in soybean grains, straw and soil. Pesticide Research Journal 20(1): 128-129.
32. Tejada M., and Benítez C. 2017. Flazasulfuron behavior in a soil amended with different organic wastes. Applied Soil Ecology 117: 81-87.
33. Valiollahpour R., Rashed Mohassel M., Baghestani M.A., Lakzian A., and Hasanzade Khayat M. 2009. Effect of herbicides residue used in rice fields on growth characteristics of second crop in rotation in Mazandaran province. Journal of Plant Protection 22(2): 61-70. (In Persian)

Journal of Plant Protection
Vol. 34, No. 4, Winter 2021, P. 527-539

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۵۳۹-۵۲۷

Evaluating the Effect of Soil Organic Matter on Leaching Depth of Imazethapyr

Z. Avarseji[1*]- E. Gholamalipour Alamdari[2]- T. Ajami[3]
Received: 04-10-2020
Accepted: 01-02-2021

Introduction: Application of herbicides in modern intensive agriculture to control weeds has increased dramatically, which leads to the serious environmental problems due to transferring and leaching of herbicides to non-target locations; and their negative effects on non-target organisms need to be reduced. In other words, leaching and transferring of herbicides not only reduce its efficiency but also leads to groundwater pollution. Among the herbicide transfer processes in the soil, leaching is the most important processes because of its potential to contaminate groundwater. Imazethapyr is extensively used in the country's arable lands, and the present experiment was conducted to investigate the effect of soil organic matter on the leaching depth of this herbicide.

Materials and Methods: A factorial pot experiment was conducted in 2017 based on a completely randomized design. The first factor was soil type (including 1- without adding organic matter and without herbicide application (S_1), 2- without adding organic matter + herbicide (S_2), 3- 10% organic matter + herbicide (S_3), 4 - 25% organic matter + herbicide (S_4) and 5-50% organic matter + herbicide (S_5)), and leaching depths of 2, 4, 6, 8, 10, 12 and 14 centimeters was considered as the second factor. Imazethapyr herbicide was applied based on its recommended dose. After applying the herbicide in the soil columns, no cultivation operation was carried out for 48 hours so the herbicide had enough time to transfer to different depths of the soil. It was closed under each pot with a flat plate and then five cotton seeds were planted in each pot. After planting, the pots were not irrigated for 48 hours to absorb the herbicide by seeds and then irrigation was done according to the needs of the plant with a suitable sprinkler. All pots were cared for in the greenhouse for 30 days and then emergence percentage, stem height, root length, stem dry weight and root dry weight were measured and recorded. To measure the dry weight, a digital scale with an accuracy of one hundredth was used and to dry the plant components, all samples were placed in an oven at 75 ° C for 24 hours.

Results: The results of analysis of variance related to the measured traits of cotton crop indicated that the simple and interaction effects of soil type treatments and leaching depth had a significant effect ($p\text{-value} < 0.01$) on stem length, root length, stem dry weight and weight dried cotton roots. Due to the significant interaction between soil type and leaching depth, physical cutting was performed based on the soil type. Emergence percentage trait was not affected by soil type but leaching depth treatments and the interaction of soil type leaching depth showed a significant effect on this trait ($p\text{-value} < 0.05$ *and* $p\text{-value} < 0.01$, respectively). Mean comparisons related to the emergence percentage of cotton seeds showed that in almost all soil treatments with increasing the leaching depth, the emergence percentage of cotton increased significantly, which indicates a decrease in the amount of imazethapyr herbicide leaching in more soil depths. In other words, with increasing soil depth, the amount of leached herbicide was also reduced. The average emergence percentage in each soil depth shows that the highest emergence percentage was obtained from a depth of 14 cm at 78.85 and the lowest was obtained from a depth of two centimeters at 42.66. The minimum stem length was obtained from depths of 2 and 4 cm. At depths of 6, 8, 10, 12, and 14 cm, stem length increased with increasing leaching depth and decreasing the concentration of imazethapyr herbicide. This could be due to the accumulation of washed herbicides at the bottom of the column, because after applying the herbicide, the soil columns were left standing for 48 hours to allow the herbicide to be transported deeper, and possibly after the herbicide reaches the end of the column and the drainage rate is low in this area, the accumulation of imazethapyr at low depths, especially at a depth of 14 cm, has reduced the stem length at this depth. In addition to the possibility of herbicide uptake by soil organic matter, plant growth may also be affected by more soil organic matter and be effective in compensating for the negative effect of herbicides. In herbicide treatments, the root length of cotton increased with increasing the leaching depth. Stem and root dry weight also increased significantly in S_2, S_3, S_4, and S_5 treatments with increasing the leaching depth. It seems that after absorption by cotton seedlings, imazethapyr stops the production of amino acids and reduces their levels such as valine, lysine and isoleucine, causing cell death and ultimately reducing the growth of cotton.

1, 2 and 3- Assistant Professors and M.Sc. Graduated Student of Weed Science Plant Production Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, respectively.
(*- Corresponding Author Email: avarseji@gonbad.ac.ir)
DOI: 10.22067/jpp.2020.32839.0

Conclusion: The percentage of organic matter was effective on the penetration depth of the herbicide. In treatments with higher percentages of organic matter at depths greater than 4 cm, cotton traits were not zero and the presence of higher organic matter, in addition to helping plant growth, by absorbing more herbicides, caused its leaching damage. It is possible to consider a significant increase in the parameters studied in cotton crop by increasing the amount of organic matter at different depths of the leaching of imazethapyr herbicide from two aspects. First, an increase in organic matter is likely to increase the degradation of the imazethapyr herbicide. Second, the increase in organic matter has improved the metabolic reactions in the plant and therefore the increase in organic matter has been associated with the improvement of cotton growth indices.

Keywords: Environmental contamination, Herbicide leaching behavior, Herbicide penetration, Soil organic matter content